



MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE



## **QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX**

**Projet de Recherche 2007-2013**

## **Rapport Final d'Exécution**

**Projet de recherche présenté au  
Programme Convergence Régionale  
Guadeloupe 2007 – 2013**

## Sommaire

<b>1.</b>	<b>PRESENTATION SOMMAIRE DU PROJET (objectif et contenu).....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>BILAN D'EXECUTION 2007-2013.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.</b>	<b>Caractérisation et évaluation de variabilité qualitative des produits, et identification des critères les plus discriminants (thème 1).....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.2.</b>	<b>Actions prévues dans le cadre du projet.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1.3.</b>	<b>Résultats majeurs obtenus.....</b>	<b>2</b>
	• Mise en place de la collection de travail dédiée aux études sur la physiologie de la maturation de la banane.....	2
	• Rénovation d'un laboratoire et Mise en place d'un mode opératoire de caractérisation physico-chimique des fruits.....	2
	• Résultats de caractérisation physicochimique des fruits d'intérêt pour la Guadeloupe.....	3
	<u>La banane</u> .....	3
	<u>La pomme surette</u> .....	4
<b>2.2.</b>	<b>Mécanismes physiologiques et élaboration de la qualité de la banane (thème 2).....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Actions prévues dans le cadre du projet.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Résultats majeurs obtenus.....</b>	<b>8</b>
	• L'obtention des ressources génomiques.....	8
	• Identification des marqueurs moléculaires potentiellement associés à la qualité du fruit.....	8
	• La compréhension des mécanismes physiologiques.....	8
	<u>Sensibilité des fruits à l'éthylène et initiation de la maturation</u> .....	8
	<u>Le dégrain</u> .....	9
	<u>Métabolisme des sucres et qualité organoleptique</u> .....	10
<b>3.</b>	<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.</b>	<b>Action 1 : Caractérisation physico-chimique des différentes variétés de banane de la collection de travail et de la population ségrégeante.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.</b>	<b>Action 1 : Mécanismes physiologiques et Elaboration des critères de qualité majeure de la qualité L'éthylène : synthèse et signalisation.....</b>	<b>12</b>
	Le dégrain.....	12
	Le métabolisme du sucre.....	12
<b>4.</b>	<b>INDICATEURS QUANTITATIFS ET QUALITATIFS.....</b>	<b>13</b>
	Publications écrites.....	13
	Communications par voies d'affiches.....	16
	Marqueurs moléculaires dérivés des ressources génomiques obtenues.....	18
	Stages de formations.....	19
	Réalisations pratiques.....	19

## 1. PRESENTATION SOMMAIRE DU PROJET (objectif et contenu)

Les territoires des Antilles sont dotés d'une très grande biodiversité naturelle. Leur économie agricole repose cependant sur un nombre réduit de productions d'exportation dont la banane constitue la principale espèce fruitière. Malheureusement, cette filière d'exportation exclusivement basée sur la seule sous-espèce ou sous-groupe Cavendish, s'opère dans un contexte concurrentiel très difficile, de part :

- les coûts de production élevés par rapport aux autres régions exportatrices,
- la fragilité des systèmes de production pour cause de forte utilisation de pesticides. Cette fragilité va s'accroître à l'avenir avec l'augmentation de la pression parasitaire due à l'arrivée aux Antilles de la maladie des raies noires dont est sensible la Cavendish, principale espèce d'exportation.

Dans ce contexte difficile, la diversification des productions fruitières en terme d'espèces à fortes valeurs ajoutées ou en terme de typicité du produit pour une espèce donnée constitue un moyen de préserver voire d'accroître le revenu des producteurs. Pour la banane, unique production d'exportation devenue un produit générique, la qualité du fruit peut être source diversification.

Quelque soit l'espèce végétale, la qualité du fruit est un caractère complexe qui dépend de la nature et de l'expression du patrimoine génétique de la plante et de l'environnement dans lequel elle évolue (conditions de production au champ, processus après récolte, etc...). Son élaboration met en jeu de nombreuses composantes aux effets parfois antagonistes. Elle résulte en général d'une action conjointe de plusieurs gènes régulateurs d'une cascade de voies métaboliques. L'hybridation naturelle, l'exploitation de la biodiversité, l'optimisation des systèmes de production ou des technologies post-récoltes sont des stratégies dont la mise en œuvre peut aboutir à l'obtention des variétés qualitativement améliorées. Cependant, cette mise en œuvre nécessite comme préalable d'une part, la disponibilité des descripteurs robustes associés aux critères de qualité d'intérêt d'une part et, d'autre part, l'acquisition des connaissances sur les mécanismes physiologiques impliqués dans leur élaboration.

A travers, le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX », présenté au Programme Convergence Régionale Guadeloupe, nous espérons répondre (ou du moins y contribuer) à ce double enjeu à savoir :

- contribuer à la connaissance et à la valorisation de la biodiversité des productions fruitières présentes aux Antilles et,
- dans son volet banane, la produire des connaissances sur les mécanismes physiologiques impliqués dans leur élaboration en appui du programme d'amélioration.

Le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX » a pour finalité la production des connaissances et s'inscrit dans l'axe du projet stratégique du CIRAD « **Innovier pour une alimentation accessible, diversifiée et sûre** ». Il est se décline en deux thèmes :

**Thème 1 :** Caractérisation de la variabilité qualitative des fruits d'intérêt pour la Guadeloupe.

**Thème 2 :** Compréhension des mécanismes physiologiques qui gouvernent les critères de qualité d'intérêt chez la banane.

Le projet « QUALITE DES PRODUITS VEGETAUX » interagit avec le projet « VALEXBIOTROP » dans ces composante « déterminisme génétique » et « caractérisation de la variabilité qualitative de l'espèce banane ».

Le présent rapport contient une description circonstanciée des activités de recherche conduites durant la période 2007-2013 sur ces deux thèmes. A partir des résultats obtenus, il fait le bilan des valorisations scientifiques qui ont été produites et enfin, décline les perspectives de travail envisagées.

### 2.1. Caractérisation et évaluation de variabilité qualitative des produits, et identification des critères les plus discriminants (thème 1)

#### 2.1.1. *Actions prévues dans le cadre du projet*

Dans le cadre de ce projet, nos activités de recherche prévues sur ce thème ont porté essentiellement sur les fruits d'intérêt pour la Guadeloupe notamment la banane et la pomme surette. Elles ont consisté à caractériser leur variabilité qualitative en tenant compte uniquement des facteurs intrinsèques (fond génétique) connus pour l'impacter.

Les descripteurs physiologiques génériques qui pour certains ont des attributs qualitatifs ont servi de discriminants des stades physiologiques. Parmi ces descripteurs ont été utilisés les paramètres physicochimiques (**éthylène, gaz carbonique, oxygène, couleur**), biochimiques (**brix et acidité titrable**), rhéologique (**fermeté de la pulpe et la dureté de la peau**).

Les travaux de caractérisation des productions végétales n'ont commencé qu'à la fin 2009 pour deux raisons :

- Le retard pris dans les travaux de rénovation du laboratoire de caractérisation physicochimique. Ce laboratoire a été équipé d'un chromatographe en phase gazeuse (pour le dosage d'éthylène et de gaz carbonique, d'un chromamètre et d'un analyseur automatique de l'acidité).
- L'obtention tardive de la notification d'agrément du projet présenté par le CIRAD aussi bien en temps que membre de l'UMR QUALITROP (2007-2009) que partenaire de cette UMR (depuis 2010), le CIRAD ayant alors choisi de démarrer le projet avec prudence par une mise en place nécessitant peu de dépenses (préparation des parcelles d'essais, récolte et préparation des échantillons de fruits).

#### 2.1.2. *Résultats majeurs obtenus*

- *Mise en place de la collection de travail représentative de la variabilité au sein de l'espèce Musa*

L'appréciation objective de l'impact variétale sur l'élaboration post-récolte des critères de qualité du produit et/ou celle de leurs précurseurs durant la phase en pré-récolte passe par la prise en compte de l'environnement agro-pédoclimatique de culture dans lequel évoluent ces produits. Aussi dans une perspective de comparaison objective et, à terme d'identification des discriminants (génique, physico-chimique et ou biochimique) de la qualité, il était indispensable de disposer, sur une même parcelle homogène en terme de paramètres agropédoclimatiques, d'une collection de travail représentative de la variabilité au sein de l'espèce Musa.

Une parcelle potentiellement représentative de la variabilité qualitative de l'espèce banane a été mise en place avec l'appui des généticiens, des agronomes et des biométriciens. Ainsi, ont pu être pris en compte, la composante diversité génétique (appui génétique), la composition et la topologie de la parcelle (appui agronome), et enfin la mise d'un plan de plantation en place du dispositif expérimentale (appui biométricien).

Cette collection de travail est constituée de 17 variétés de 20 plants. Cette collection de travail a été construite autour des variétés naturelles (diploïdes et triploïdes) dont certains sont des géniteurs déjà utilisés dans les programmes d'amélioration variétale, de certains hybrides par forcément prometteurs pour la profession mais présentant des contrastes qualitatifs potentiellement intéressants pour les études de la physiologie du fruit. Elle a pour vocation de disposer d'un matériel végétale génotypiquement différents et produits en conditions agroenvironnementales « identiques » ce dans deux objectifs :

- Apprécier objectivement la variabilité qualitative de l'espèce Musa.
- Identifier, pour un critère de qualité donné, les variétés contrastées et utilisables comme modèle d'étude du fonctionnement du fruit, de compréhension/identification les déterminismes géniques associés à l'élaboration de ce critère.

La liste des variétés de la collection ainsi que le plan de la parcelle sont décrits en pages 19-20 du présent document dans la section « **REALISATIONS PRATIQUES** ».

- *Rénovation d'un laboratoire et Mise en place d'un mode opératoire de caractérisation physico-chimique des fruits*

Durant ce projet, un laboratoire dédié à la caractérisation physico-chimique des produits végétaux a été rénové avec l'acquisition d'un certain nombre d'équipements dont un analyseur de texture, un analyseur de gaz et ses accessoires, un lyophilisateur, des congélateurs -20°C et -80°C dédiés au stockage longue durée du matériel végétal. L'ensemble de ces équipements est décrit dans la partie « **REALISATIONS PRATIQUES** », en pages 23-24

de ce document. Par ailleurs, deux autres équipements (une ultracentrifugeuse réfrigérée au sol et un Nanodrop) acquis ont été acquis durant ce projet. Ils sont venus renforcer le dispositif expérimental dédié aux manipulations de biologie moléculaire mises en œuvre dans le thème 2 de ce projet.

Un mode opératoire standardisé allant de récolte, d'échantillonnage, d'induction de la maturation des fruits et de leur suivi postrécolte au moyen des descripteurs physico-chimiques décrit plus haut a également été mise en place. Testé dans un premier temps sur la banane, il a par la suite été validé sur la pomme surette. Ce mode opératoire est décrit dans la partie « **REALISATIONS PRATIQUES** », en pages 21-22 de ce document.

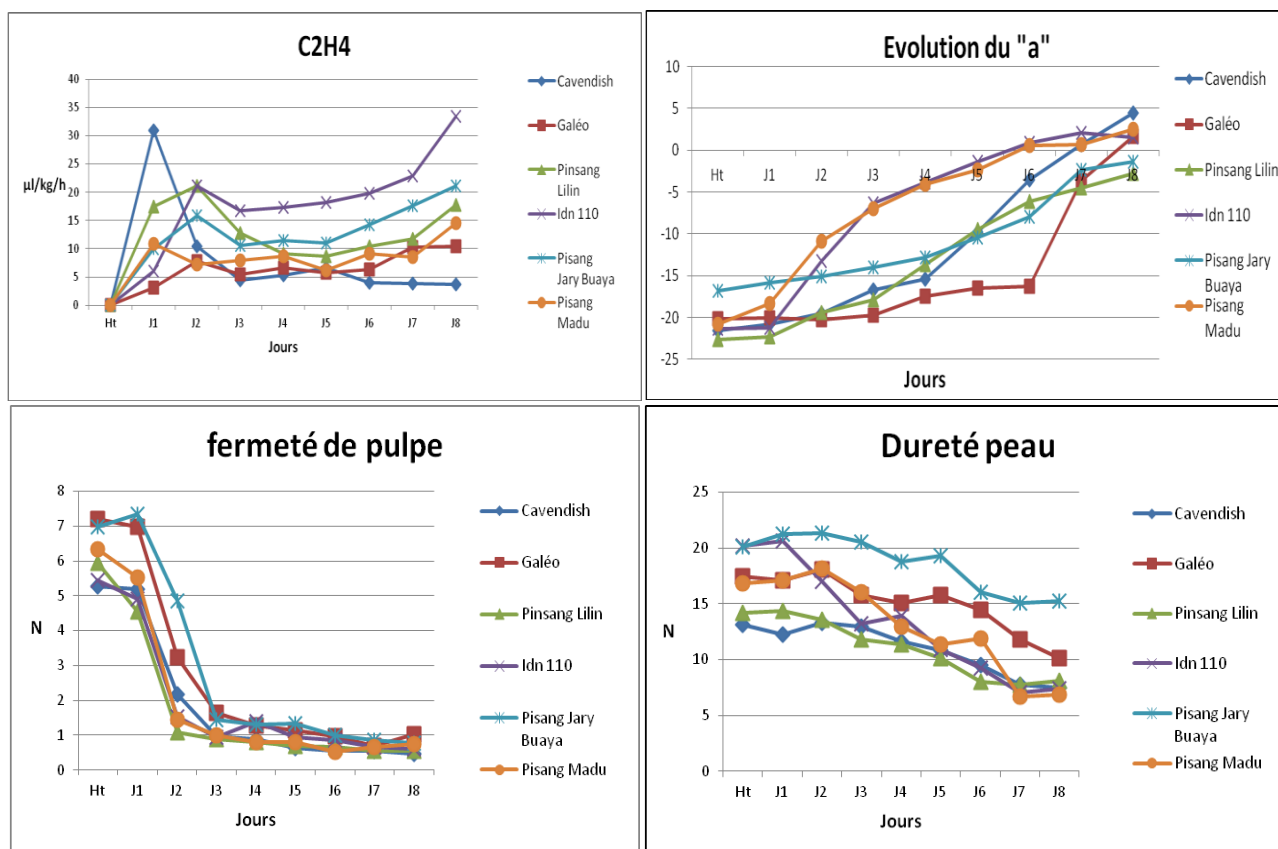
- *Résultats de caractérisation de la variabilité qualitative des fruits d'intérêt pour la Guadeloupe.*

La disponibilité des parcelles d'essais, d'un laboratoire de caractérisation physicochimique et des modes opératoire éprouvé a permis d'initier les travaux d'évaluation de la variabilité qualitative des productions agricoles de Guadeloupe : la banane et la pomme surette.

### La banane

Les travaux ont été réalisés sur les variétés diploïdes (Galéo, IDN 110, Pisang lilin, Pisang jary Buaya, Pisang madu) priorisées parce que utilisées comme parents dans les schémas de création de nouveaux géniteurs améliorés, d'hybrides triploïdes d'exportation et des populations ségrégeantes dédiés aux études de génétiques.

Les critères physico-chimiques dont l'éthylène, le CO<sub>2</sub>, la fermeté de la peau, la dureté de la pulpe et la couleur de la pulpe ont été évalué au cours la maturation post-récolte (figure 1).



**Figure 1:** Evolution des critères physico-chimiques majeurs dont l'éthylène, la perte de fermeté de la pulpe ; la dureté de la peau et la couleur durant la au cours de la maturation post-récolte des différentes variétés de banane.

Sur la base de leur production d'éthylène, hormone qui initié et contrôle le processus de maturation de la banane, les variétés analysées ont présenté une similarité en terme de profil éthylénique avec un pic transitoire observé deux jours après induction de la maturation, exseptées Pisang jary Buaya et IDN110. Ces dernières ont présenté un profil éthylénique continue au cours de leur maturation postrécolte.

La décoloration de la peau et la fermeté du fruit, deux critères pertinents influençant l'acte d'achat varient également d'une variété à l'autre. IDN110 et Pisang madu présentant une évolution plus rapide du vert au jaune comparée aux autres variétés alors que Pisang Jary Buaya et Galéo se sont avérées les plus fermes.

*L'aboutissement des travaux de caractérisation physicochimique des différentes variétés de banane initiés sur la période 2007-2013, contribueront à construire « le volet qualité » des fiches descriptives des différentes variétés de banane. Pour les variétés de banane dessert diploïdes, utilisées comme géniteurs dans le programme d'amélioration variétale, ces données contribueront à optimiser et objectiver le choix des géniteurs en fonction des attendus du programme d'amélioration variétale.*

*Par ailleurs, la Guadeloupe dispose aujourd'hui d'un centre de ressources biologiques des plantes tropicales (CRB-PT) incluant la collection mondiale de bananier. La disponibilité de fiches les plus descriptives possibles de ces ressources relèvent d'un intérêt capital dans une perspective de leur gestion optimale.*

### La Pomme surette

#### Contexte :

Compte-tenu du contexte économique difficile auxquels sont sujettes les productions agricoles majeures de la Guadeloupe, notamment la banane, la diversification des productions en terme d'espèces et/ou de typicité de produit constitue un moyen de préserver voir d'accroître les revenus des acteurs de la filière. Le patrimoine fruitier présent aux Antilles est large, diversifié<sup>1</sup> mais malheureusement peu exploité parce que méconnu. Dans une perspective de valorisation de ce patrimoine et de diversification des productions, des travaux préliminaires ont été initiés sur la pomme surette (*Ziziphus spp*) dans le cadre du travail de thèse de Mlle S. ZOZIO avec le soutien de la région Guadeloupe. Cette espèce fruitière a été fortement exploitée par le passé en Guadeloupe où elle a été introduite vers le 19<sup>ème</sup> siècle. Elle est riche en composés d'intérêt nutritionnel (propriétés antioxydantes) et agroalimentaire (propriétés de panification)<sup>2</sup>. Le travail préliminaire de prospection a permis d'identifier plusieurs accessions de pomme surette contrastées du point de vue agromorphologique (table 1, figure 2).

Arbres	Lieux de récolté	Caractéristiques des fruits
P2	Baillif (Propriété 1)	Astringent / Gros
P3	Baillif (Propriété 2)	Sucré /Gros
P4	Vieux-habitant (Littoral)	Farineux /Petit
P5	Baillif (Propriété 2)	Amer/Tacheté blanc

**Table 1 :** Accessions de « pomme surette » identifiées au terme de l'étude prospective menée en Guadeloupe durant la période 2010-2011 et les caractéristiques des fruits correspondant évaluées de manière empirique.

Un travail de caractérisation physico-chimique des fruits issus des accessions P3 et P5 a été entrepris dans une perspective d'évaluer leur potentiel qualitatif et établir ainsi une potentielle corrélation avec la variabilité agromorphologique des accessions correspondantes.

L'évolution des paramètres physicochimiques (**éthylène, couleur**), biochimiques (**polyphénols totaux**) et rhéologique (**fermeté**) a été suivie au cours de la maturation sur pied des fruits issus des 4 accessions de pomme surette. L'objectif de ces travaux de caractérisation a consisté à identifier des descripteurs robustes utilisables comme critères d'échantillonnage objectif de l'état physiologique du fruit dans la perspective d'évaluer comparativement la variabilité qualitative de différentes accessions de pomme surette.

<sup>1</sup>Lebellec F., Lebellec V., 2007. Le verger tropical: Cultiver les arbres fruitiers, Orphie Eds., Chevagny sur Guye, France. ISBN : 978-2-87763-384-0

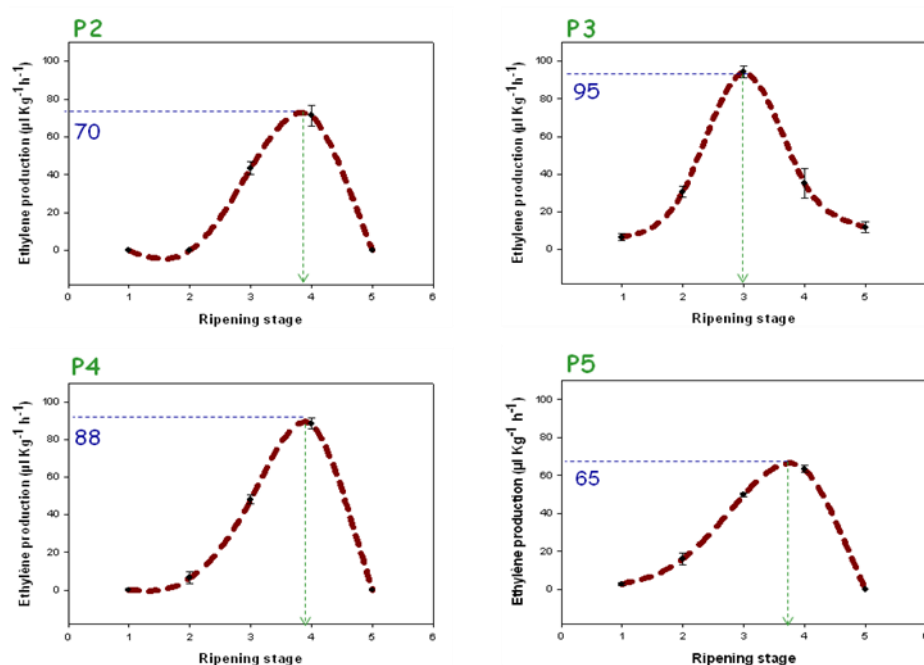
<sup>2</sup>Azam-Ali S., Bonkougou E., Bowe C., deKock C., Godara, A., Williams J.T. 2006. Ber and other Jujubes (*Ziziphus species*). Fruits for the Future 2 -Revised edition. Monograph. 289 p. International Centre for Underutilised Crops, University of Southampton, Southampton, UK.



**Figure 2 :** Morphologie des fruits et des feuilles de deux accessions de pomme surette P3 (A) et P5 (B). Les photos C et D représentent respectivement les fruits des accessions P3 et P5 récoltés sur pieds à différents stades de maturation identifiés par les chiffres 1 à 5.

#### Dégagement éthylénique au cours de la maturation des fruits sur pied :

Les fruits issus des quatre arbres ont présenté un profil éthylénique similaire avec un pic transitoire entre les stades 3 et 4 (figure 2). Ce profil de dégagement éthylénique est similaire à celui récemment rapporté sur *Z. mauritiana* par d'autres auteurs<sup>3</sup>.

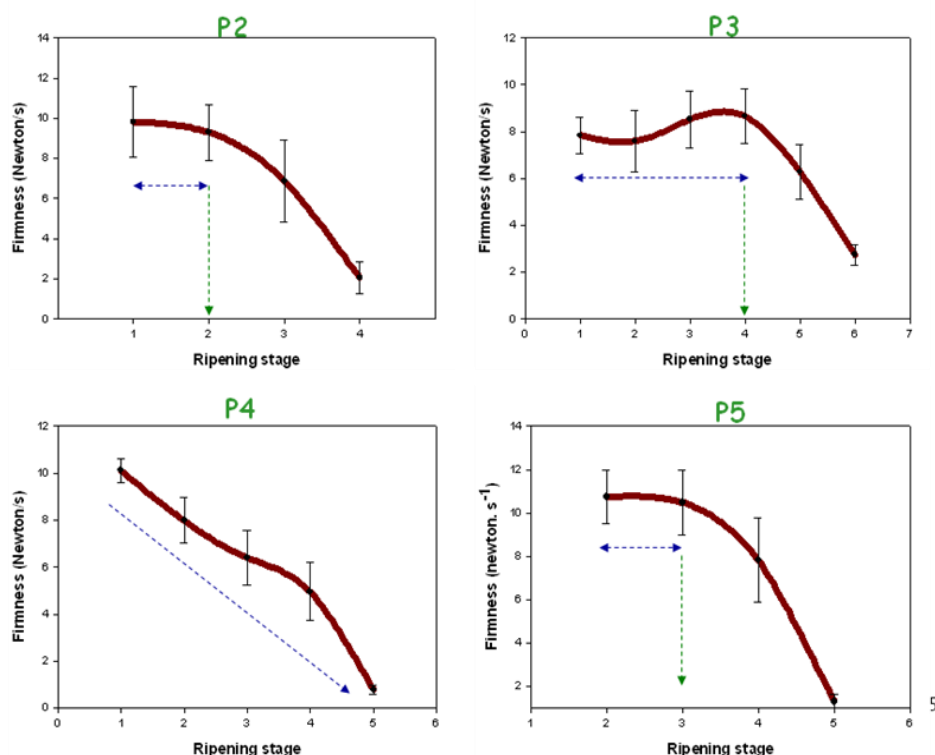


**Figure 2 :** Teneur en éthylène dégagé en μl/Kg/h de *Z.mauritiana* des arbres P2, P3, P4 et P5 récoltés à 5 stades de maturité

<sup>3</sup>Abbas M.F., Fandi B.S. 2002. Respiration rate, ethylene production and biochemical changes during fruit development and maturation of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Journal of the Science of Food and Agriculture. 82, 1472-1476

### Evolution de la fermeté au cours de la maturation des fruits sur pieds :

L'accession P3 s'est distingué des deux autres par un maintien de sa fermeté à des niveaux relativement élevés jusqu'au stade 4 de maturation (14% de chute de fermeté) alors que l'arbre 4 a présenté une rapide perte de fermeté à hauteur de 20% dès le stade 1 et jusqu'à 60 % au stade 4 (figure 3).



**Figure 3 :** Evolution de la dureté de la peau exprimée en newton des fruits de 4 accessions de pomme surette récoltés et échantillonnés en 5 stades de maturation

### Evolution des teneurs en polyphénols totaux du fruit au cours de sa maturation sur pieds

Les fruits cueillis en milieu de fructification ont montré, à la récolte une teneur en polyphénols comparable à ceux cueillis en fin de fructification excepté pour les fruits de l'arbre P3 dont les teneurs en polyphénols totaux sont environ 2 fois supérieures en milieu qu'en fin de fructification (table 2). Au cours de la maturation, le niveau de polyphénols totaux des fruits décroît progressivement jusqu'au stade 4 et de manière drastique (76-88 % pour P2 et P2bis ; 70-85% pour les arbres P5 et P5bis) au stade 5 pour toutes les accessions excepté P3. Pour ce dernier la teneur en polyphénol ne chute que de 26 et 50% entre les stades 4 et 5 des arbres P3 et P3 bis.

Polyphénols totaux* (mg/g)					
Stades		P2	P3	P4	P5
Milieu de fructification	2	91,26 ± 1,76	95,19 ± 0,69	95,36 ± 2,28	45,00 ± 1,77
	3	59,92 ± 5,85	47,19 ± 1,50	87,48 ± 1,73	38,20 ± 1,62
	4	51,04 ± 2,15	50,36 ± 0,29	20,43 ± 0,25	28,42 ± 0,78
	5	6,35 ± 0,45	37,63 ± 0,20	2,25 ± 0,14	4,21 ± 0,25
		P2 bis	P3 bis	P4 bis	P5 bis
Fin de fructification	2	84,85 ± 3,80	43,04 ± 0,06	89,27 ± 1,96	48,80 ± 1,36
	3	50,74 ± 1,56	45,31 ± 2,53	73,60 ± 0,10	38,78 ± 0,35
	4	30,16 ± 1,52	34,28 ± 1,94	58,45 ± 2,79	24,14 ± 0,17
	5	7,22 ± 0,13	16,32 ± 0,65	2,21 ± 0,43	7,45 ± 4,23

**Table 2 :** Teneur des polyphénols totaux exprimés en milligramme d'acide gallique par gramme de lyophilisat, des 4 arbres récoltés en début et en fin de fructification des 5 stades récoltés



Dans un second temps, la composition des polyphénols totaux a été évaluée par HPLC liée à la masse et par CG-MS. Ces analyses réalisées à Montpellier ont focalisé sur 3 classes de molécules, les flavonoides (Glycoside de flavonols, acide phénoliques, flavonols, flavones), les tanins et les hétérosides (Triterpénoïdes, saponines, coumarines).

Les résultats obtenus ont permis d'identifier de plusieurs glycosides de flavonols, des acides phénoliques, des flavonols, des flavones, stérols végétaux (Tocopherol, Stigmast-7-en-3-ol) ainsi que des triterpènes (Lupéol) et des acides gras (Acide caproïque, Acide myristique, acide palmitique) et leur propriété nutritionnelle d validées in vitro.

*Les résultats obtenus indiquent que :*

*- la maturation sur pied de la pomme surette se caractérise par une induction transitoire, de manière plus ou moins concomitante, de la production d'éthylène, d'acidité titrable et de brix.*

*- Sur la base de l'évolution de ces critères, le développement du fruit sur pied a été divisé en 5 stades. Les stades 3-4 correspondant au le pic d'éthylénique dont la teneur est comprise entre 65-95  $\mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ . Ils ont permis d'identifier le dégagement éthylénique comme étant un descripteur fiable des stades physiologiques.*

*Les travaux entrepris par la suite sur les fruits échantillonnés à partir de ce descripteur ont m montré que les différentes accessions de pomme surette (P2, 3, 4 et 5) correspondent probablement à des variétés différentes.*

*Des travaux plus poussés menés sur deux des 4 accessions P3 et P5 ont ensuite montré que, bien qu'ayant des profils de dégagement éthylénique similaires, les fruits présentent un processus de maturation postrécolte différent en terme de perte de fermeté notamment, de teneur et de nature en composés nutritionnels. Les résultats de ces travaux ont fait l'objet de 2 publications<sup>4,5</sup>.*

Au-delà des résultats obtenus, les travaux sur la pomme surette ont permis de tester la fonctionnalité du laboratoire en terme de fiabilité des équipements, de reproductibilité et répétabilité des protocoles mis au point sur la banane. Il s'agira désormais de mettre à profit ces acquis et d'adapter ces protocoles pour une application à grande échelle.

## **2.2. Mécanismes physiologiques et élaboration de la qualité de la banane (thème 2)**

### **2.2.1. Actions prévues dans le cadre du projet**

Trois actions étaient prévues dans le cadre de ce projet :

- l'obtention des ressources génomiques,
- la compréhension des mécanismes physiologiques,
- l'identification (la dérivation), à partir de gènes candidats, utilisables comme outils d'aide (marqueurs moléculaires) à la création et à la sélection variétale

Ces actions ont été ciblées sur 3 mécanismes physiologiques associés à la maturation et à la qualité de la banane:

- *La sensibilité à l'éthylène et l'initiation de la maturation :*

La sensibilité à l'éthylène et l'initiation de la maturation sont deux processus physiologiques qui influencent la durée de vie verte du fruit dont la longueur doit être compatible avec la contrainte de transport pour la banane d'exportation, et d'autre part, vitesse de maturation post-récolte dont dépend la durée de vie commerciale du fruit.

- *Le dégrain :*

Il se définit comme étant la rupture du pédoncule au reste du fruit. La sensibilité au dégrain est négativement corrélée à la durée de vie commerciale du fruit et s'est révélé être un des freins au développement d'un des nouveaux hybrides prometteurs récemment crée par le CIRAD.

- *Métabolisme des sucres et des acides organiques :*

La qualité organoleptique du fruit est un critère majeur d'acceptabilité des nouvelles variétés de banane par le consommateur. La saveur, une des composantes majeures (avec les arômes) de ce critère de qualité est influencée par l'équilibre sucre/acide.

<sup>4</sup> Zozio S., Servent A., Cazal G., Mbéguié-A-Mbéguié D., Ravion S., Pallet D., Hiol A. 2014. Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Food Chemistry 150:448-456.

<sup>5</sup> S. Zozio, A. Servent, O. Hubert, A. Hiol, D. Pallet, D. Mbéguié-A-Mbéguié. Physicochemical and biochemical characterization of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruits ripening from two accessions grown in Guadeloupe (en préparation)

### 2.2.2. Résultats majeurs obtenus

- Obtention des ressources génomiques

Durant la période 2007-2013, de nombreuses ressources de génomiques fonctionnelles et pour la plupart associés aux processus physiologiques cibles ont été générées. Le fait marquant de ce projet aura été la participation au projet **MusaTract** de séquençage du génome du bananier soutenue par l'ANR. Ce projet a été finalisé en 2012 avec la publication de la séquence du génome dans la revue Nature. Dans le cadre de ce projet, nous avons contribué au volet qualité avec une mise à profit de l'expertise en physiologie de la maturation du fruit, des acquis et données obtenues sur la physiologie de la maturation.

*Par rapport aux processus physiologiques cibles, 11 gènes associés au dégrain, 10 gènes associés au métabolisme du sucre et 8 gènes associés à la sensibilité de l'éthylène ont été isolés durant ce projet. L'ensemble de gènes a alimenté le pool de ressources génomique banane publiquement disponible dans les différentes bases de données mondiales : [www.musagenomics.org](http://www.musagenomics.org) et (<http://banana-genome.cirad.fr/>). Nous avons également prévue d'isoler d'autres gènes associées à la voie de signalisation de l'éthylène notamment les gènes ERF (éthylène responsive factors). Cet objectif et l'isolement d'outils de génomiques fonctionnelles en générale a été abandonnée avec la publication de la séquence du génome du bananier permettant l'accès à l'ensemble des gènes présents dans le génome.*

- Identification des marqueurs moléculaires potentiellement associés à la qualité du fruit

L'ensemble des ressources génomiques générées dans le cadre de ce projet a permis d'identifier de nombreux marqueurs moléculaires listés dans la partie « **REALISATIONS PRATIQUES** », en pages 17-18 de ce document. Ces marqueurs ne peuvent pour l'instant pas être considérés comme marqueurs de la qualité du fruit dans la mesure où leur lien direct avec le critère de qualité n'est pour l'instant pas établi. Par conséquent, leur validation comme marqueurs moléculaires par une approche de génétique poussée et/ou de génomique fonctionnelle reste cependant à établir. Cependant, certains d'entre eux ont été utilisés de manière concluante dans les travaux de cartographie du bananier<sup>6</sup>.

- La compréhension des mécanismes physiologiques, Sensibilité des fruits à l'éthylène et initiation de la maturation

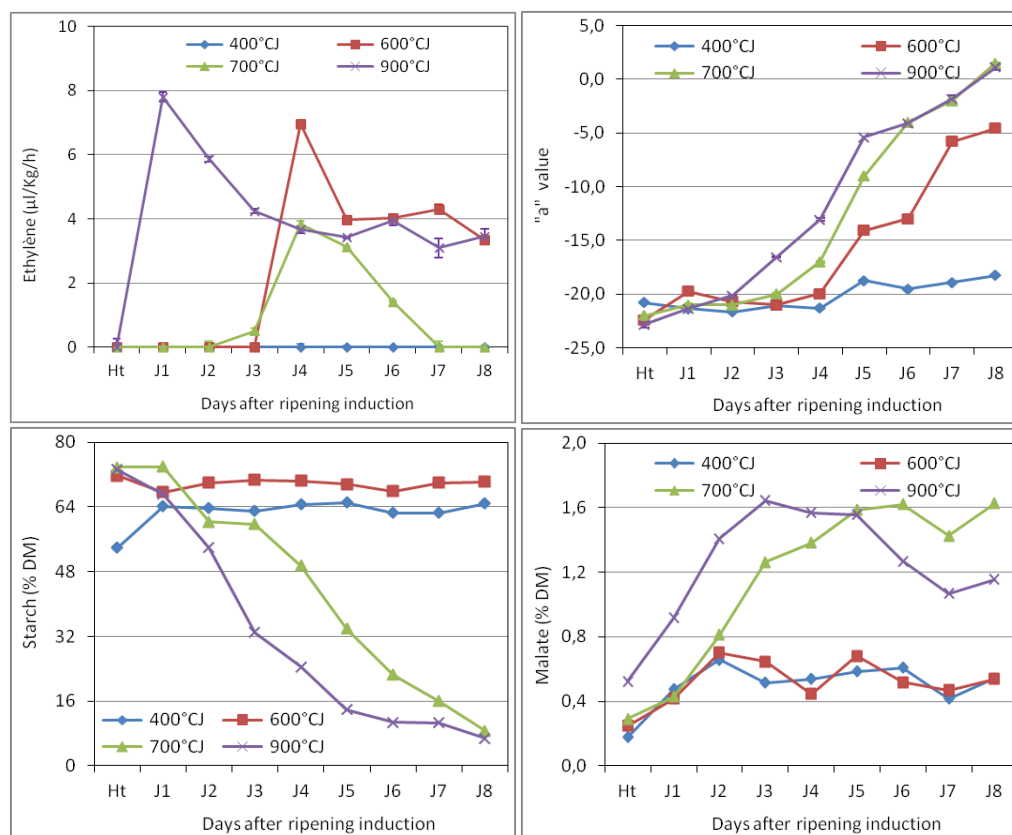
Durant ce projet, nous avons d'abordé les processus physiologiques associés à l'initiation de la maturation et la sensibilité du fruit à l'éthylène. Pour ce faire, nous avons mis en place un essai, construit à partir de la variété Cavendish. Il a consisté à récolter les fruits à différents stades de développement en vert (400, 600, 700 et 900°C/J), suivie d'une induction de leur maturation par traitement à l'acétylène (10000ppm/18h/20°C).

Au cours de leur maturation postrécolte, l'évolution d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques a été mesurée. Parallèlement, nous avons examinée les modifications moléculaires de manière ciblée sur les voies de signalisation de l'éthylène et de manière globale et sans a priori sur l'ensemble du transcriptome. Ce dernier travail a été réalisé en partenariat avec les collègues basés à Montpellier dans le cadre du projet **MusaTract** de séquençage du génome du bananier.

*La capacité du fruit à répondre à l'éthylène (sensibilité du fruit à l'hormone) est acquise dès le stade 600°C/J (figure 4). Par rapport à cette sensibilité à l'éthylène, le changement de couleur survient précocement (premières modifications observées chez les fruits récoltés à 600°C/J) alors que la dégradation de l'amidon, l'accumulation des acides organiques (notamment le malate) et celle des sucres solubles (saccharose, glucose, fructose) commence plus tardivement chez les fruits récoltés à partir de 700°C/J. Ces résultats indiquent que les modifications physico-chimiques liées aux critères de qualité et probablement des voies métaboliques associées à ces modifications physico-chimiques se mettent en place de manière séquentielle au cours du développement et de la maturation du fruit.*

<sup>6</sup> Hippolyte H., Bakry F., Seguin M., Gardes L., Rivallan R., Risterucci A.-M., Jenny C., Perrier X., Carreel F., Argout X., Piffanelli P., Imtiaz A., Khan I. A., Robert NG Miller R. N. G., Pappas G. J., Mbéguié-A-Mbéguié D., Matsumoto T., De Bernardinis V., Huttner E., Kilian A., Baurens F.-C., D'Hont A., Cote F. X., Courtois B., Glaszmann J.-C. 2009. A saturated SSR/DART linkage map of *Musa acuminata* addressing genome rearrangements among bananas. BMC Plant Biology. 10:65

De manière concomitante, des modifications drastiques et séquentielles du transcriptome ont également été observées. Parmi ceux-ci, les gènes de la voie de signalisation de l'éthylène<sup>7,8,9</sup>. Deux de ces gènes *MaEIL1* et *MaEIL3* ont présenté un profil d'expression fortement corrélée à la sensibilité à l'éthylène. L'analyse moléculaire des voies métaboliques associées à la dégradation du saccharose et à l'accumulation du malate a également été abordée. Ces travaux se sont malheureusement soldés par un échec.



**Figure 4 :** Evolution de quelques paramètres physico-chimiques au cours de la maturation post-récolte des fruits Cavendish récoltés à différents stades de développement en vert

### Le dégrain

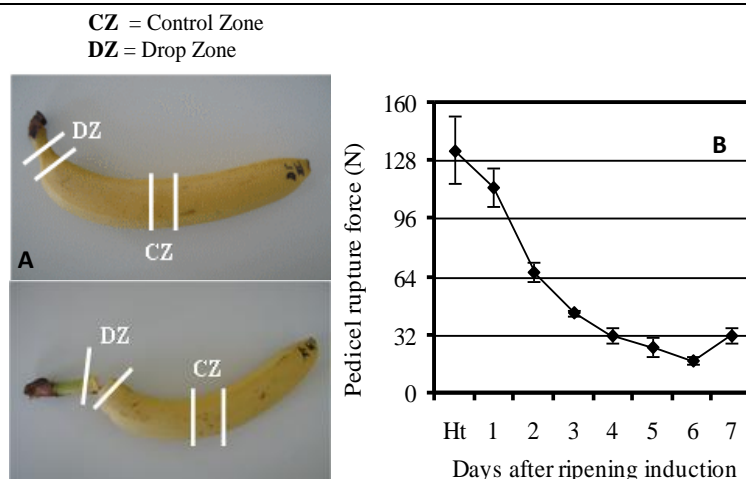
Durant la période 2007-2014, les mécanismes physiologiques associés au dégrain ont été abordés sur le modèle biologique Cavendish. Ils ont dans un premier temps focalisé sur les voies métaboliques associées aux modifications des parois cellulaires et plus particulièrement les composantes pectiques et xyloglucane de ces parois. Pour ce faire, l'expression des gènes impliqués dans la dégradation des pectines et hémicellulose, et ceux impliqués dans les propriétés physiques des parois a été examinée au cours de la maturation post-récolte du fruit comparativement dans la zone dégrain (zone de rupture du pédoncule, DZ) et la zone médiane (CZ) (figure 5).

<sup>7</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Sabau X., Chillet M., Fils-Lycaon B., Baurens F.-C. 2007. Use of Suppression Subtractive Hybridization approach to identify genes differentially expressed during early banana fruit development undergoing changes in ethylene responsiveness. *Plant Science* 172: 1025-1036

<sup>8</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Fils-Lycaon B., Chillet M., Baurens F.-C. 2008b. EIN3-like gene expression during fruit ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* cv. Grande naine). *Physiologia Plantarum* 133: 435-448

<sup>9</sup> D'Hont A., Denoeud F., Aury J.-A., Baurens F.-C., Carreel F., Garsmeur O., Noel B., Bocs S., Droc G., Rouard M., Da Silva C., Jabbari K., Cardin C., Poulain J., Souquet M., Labadie K., Jourda C., Lenglé J., Rodier-Goud M., Alberti A., Bernard M., Correa M., Ayyampalayam S., McKain M.R., Leebens-Mack J., Burgess D., Freeling M., Mbéguié-A-Mbéguié D., Chabannes M., Wicker T., Panaud O., Barbosa J., Hribova E., Heslop-Harrison P., Habas R., Rivallan R., Francois P., Poirion C., Kilian A., Burthia D., Jenny C., Bakry F., Brown S., Guignon V., Kema G., Dita M., Waalwijk C., Joseph S., Dievart A., Jaillon O., Leclercq J., Argout X., Lyons E., Almeida A., Jeridi M., Dolezel J., Roux N., Risterucci A.-M., Weissenbach J., Ruiz M., Glaszmann J.-C., Quétier F., Yahiaoui N., Wincker P. 2012. The banana (*Musa acuminata*) genome and the evolution of monocotyledonous plants. *Nature* 488(7410):213-217.

Nos résultats ont montré que des événements moléculaires associés aux modifications des parois sont spécifiquement et différemment mis en place dans la ZD confirmant ainsi l'implication des modifications des parois dans le développement du dégrain. La dynamique de mise en place de ces événements ont suggéré une dégradation séquentielle des composés majeurs des parois avec la perte des propriétés physiques des membranes, suivie d'une dé-estérification et dégradation des pectines et enfin une dégradation des xyloglucans. Pour chacune de ces étapes, des gènes majeurs (gènes candidats) codant pour des hydrolases pariétales ont ainsi été identifiés<sup>10</sup> à partir desquels des marqueurs moléculaires de type SSR ont été dérivés.



**Figure 5 :** Expression du dégrain (A) et mesure de son évolution (force de rupture du pédoncule (B)), au cours de la maturation post-récolte de la banane

Nos premiers travaux ont montré que les modifications moléculaires précédaient d'une part la production d'éthylène (hormone de la maturation) et, d'autre part, le développement du dégrain. De plus, l'expression de certains gènes majeurs identifiés dans cette étude est positivement régulée par l'éthylène et/ou par l'auxine. Ces résultats nous ont amenés à examiner l'hypothétique rôle de l'éthylène et/ou des facteurs développementaux dans le contrôle et l'initiation du phénomène du dégrain. Pour ce faire, nous avons mis à profit le modèle expérimental développé pour étudier la sensibilité à l'éthylène et l'initiation de la maturation. Sur ces fruits, les médiateurs de la voie de signalisation et de synthèse de l'éthylène et celles des facteurs développementaux ont été étudiées au niveau moléculaire comparativement dans les zones dégrain et médiane.

Nos résultats ont montré que le dégrain pourrait s'accompagner d'une production d'éthylène spécifiquement dans les zones dégrain<sup>11</sup>. Plus que l'éthylène de la maturation, des facteurs développementaux joueraient un rôle prépondérant dans l'initiation du phénomène de dégrain<sup>12</sup>. L'éthylène via son rôle dans le control du processus global de la maturation participe de manière indirecte à la régulation du dégrain initié par des facteurs développementaux.

#### Métabolisme des sucres et qualité organoleptique

Les travaux antérieurs réalisés sur quelques variétés de banane, avaient permis de constater que les teneurs en différents sucres solubles du type saccharose, glucose et fructose, variaient d'une variété à l'autre. Deux variétés dites « à cuire » sont quasiment dépourvues de saccharose, et accumulent, à la place, du glucose et du fructose, ce qui impacte vraisemblablement leur qualité gustative.

Durant la période 2007-2013, l'investigation a été poursuivie, et a permis de montrer qu'une activité enzymatique responsable de l'hydrolyse du saccharose (Invertase acide) était très nettement plus importante dans le cas de ces variétés très pauvres en saccharose, et qu'un des gènes (celui d'une invertase pariétale) codant pour tout ou partie de cette activité y était 100 fois plus exprimé que dans les variétés accumulant du

<sup>10</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Sidibé-Bocs S., Matsumoto T., Chillet M., Fils-Lycaon B. (2009). Expression patterns of cell wall modifying genes from banana during ripening in relationship with finger drop. *Journal of Experimental Botany* 60 (7): 2021-2034.

<sup>11</sup> Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2012. Expression patterns of ethylene biosynthesis genes from bananas during fruit ripening and in relationship with finger drop. *AoB PLANTS* 2012: pls041; doi:10.1093/aobpla/pls041

<sup>12</sup> Hubert O., Piral G., Galas C., Baurens F.-C., Mbéguié-A-Mbéguié D. Changes in ethylene signaling and MADS box genes expression are associated with banana finger drop. *Plant Sci. (soumis)*

saccharose. Ces travaux ont permis d'identifier l'activité enzymatique de type invertase acide comme le facteur déterminant du rapport entre la teneur en saccharose et celles en glucose plus fructose dans le fruit<sup>13</sup>.

Dans une démarche de contribution de la construction de la qualité par hybridation et sélection assistée par marqueurs, le gène d'invertase pariétale identifié pourrait constituer un candidat potentiel pour la définition de tels marqueurs. Cependant, sa validation comme candidat préalable à son utilisation dans un tel programme, passait par une meilleure connaissance de sa structure et de son fonctionnement, ainsi que de ses éventuels apparentés, ceci chez un échantillon de variétés plus large et génétiquement divergentes. Par ailleurs, l'activité invertase acide pouvant être à double composante (vacuolaire et pariétale), il était également nécessaire d'examiner séparément le niveau d'activité des deux composantes, ainsi que le degré d'implication potentielle du (des) gène(s) correspondant dans le contrôle de la teneur en saccharose du fruit.

Compte-tenu du lien évident entre le métabolisme du saccharose du fruit et sa qualité gustative, il nous est apparu intéressant de mettre en corrélation les travaux menés dans le cadre de ce projet sur le métabolisme du saccharose et les analyses sensorielles des différentes variétés de banane réalisées au même moment en Martinique. C'est ainsi que les 11 variétés de banane considérées comme représentatives de la variabilité sensorielle des bananes<sup>14</sup> et utilisées pour les analyses de diversité sensorielle ont également servi de matériel de départ aux travaux réalisés dans le cadre de ce projet. Par ailleurs, tenant compte du fait que ce projet s'inscrit dans un projet plus global d'amélioration de la banane dessert d'exportation et contrairement aux objectifs de départ, le choix a été fait de focaliser sur les variétés desserts dont quelques géniteurs diploïdes utilisés dans les schémas de croisement.

Ce travail a été réalisé en partenariat avec le CIRAD Martinique et Montpellier, et l'INRA de Guadeloupe dans le cadre du projet MetaSuc financé par la région Guadeloupe en réponse à l'appel à projet Hors PO 2007<sup>15</sup>.

*Au niveau biochimique, les données obtenues ont montré une forte tendance en terme de variabilité de teneurs en saccharose du fruit dans les phases tardives de la maturation. L'analyse des séquences a montré que l'ADNc MacwINV1 pouvait être codé par deux gènes MaCIN1.1 et MaCIN1.2. En terme d'expression, les données obtenues ont mis en évidence une variabilité en terme de vitesse de dégradation du saccharose et d'accumulation de glucose et fructose avec des variétés dites saccharose dominant et d'autres Gluc + Fruc dominant. Elles ont également montré que l'activité invertase acide n'est pas uniquement le fait du gène d'invertase MaCIN1.1/MaCIN 1.2, d'autres gènes de nature différente selon les variétés, contribueraient également à l'activité invertase acide totale mesurée au cours de la maturation du fruit. Cependant, aucun des ces gènes n'a pu être clairement validé comme candidat dans nos conditions expérimentales y compris le gène MacwINV1 considéré comme tel dans nos études préliminaires. Aucun d'entre eux n'a en effet présenté un profil d'expression clairement corrélé à celui des teneurs en saccharose du fruit.*

### 3. PERSPECTIVES

Les actions de recherche envisagées s'inscriront dans la continuité de celles déjà initiées sur la période 2007-2013. Portées par le **consortium QualiTrans**, ces actions s'appuieront sur deux types de ressources biologiques:

- la collection de travail constituée de 17 variétés naturelles de bananier représentative de la variabilité qualitative du germplasm *Musa* incluant des variétés diploïdes utilisées comme parents dans les schémas de croisement, triploïdes, de type à cuire et de type dessert. Cette collection est déjà en croissance au champ et sa caractérisation initiée.
- la descendance diploïde (2x X 2x) également mise en place et issue du croisement entre deux parents P. madu (AA, dessert) et Galéo (AA, à cuire)

<sup>13</sup> Fils-Lycaon B., Julianus P., Chillet M., Galas C., Hubert O., Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Acid invertase as a serious candidate to control the balance sucrose versus (glucose + fructose) of banana fruit during ripening. *Scientia Horticulturae* 129: 197-206

<sup>14</sup> Bugaud C., Deverge E., Daribo M.-O., Ribeyre F., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Sensory characterisation enabled the first classification of dessert bananas. *J Sci Food Agric* 91: 992-1000

<sup>15</sup> Mbéguié-A-Mbéguié D. Julianus P., Galas C., Hubert O., Bugaud C., Deverge E., Marie-Odet Daribo M.-O., Rinaldo D., Fils-Lycaon B. 2011. Etude de la biodiversité de la banane quant au métabolisme des sucres : Construction de la qualité organoleptique et nutritionnelle à travers la recherche de marqueurs moléculaires associés à la teneur en saccharose du fruit. Projet Hors PO Metasuc Région Guadeloupe 2010-2011. Rapport Final d'Exécution. 16 p.

### 3.1. Action 1 : Caractérisation physico-chimique des différentes variétés de banane de la collection de travail et de la population ségrégeante

#### Objectifs et attendus :

Evaluer la variabilité qualitative des différentes variétés de banane de la collection de travail et de la descendance diploïde (2x X 2x). Cette caractérisation portera sur les critères de qualité d'ordre fonctionnel (éthylène, vitesse de maturation post-récolte, dégrain, propriétés rhéologiques, couleur, meurtrissure, éclatement, brunissement), organoleptique (sucres, acides).

Cette action menée sur la collection de travail permettra d'identifier les variétés contrastées utilisables ensuite comme modèles pour les études de physiologie.

Couplée aux données de génotypage, les données issues de la descendance 2x x 2x seront mises en profits dans le cadre des études d'identification des déterminismes géniques de la qualité par l'approche génétique poussée (analyses QTL/ tests d'association).

### 3.2. Action 2 : Mécanismes physiologiques et Elaboration des critères de qualité majeure de la qualité

#### **L'éthylène : synthèse et signalisation**

##### Objectifs et attendus :

- Examiner la relation entre la vitesse de maturation post-récolte et la dynamique d'expression des voies de signalisation éthyléniques au moyen d'une approche transcriptomique.
- Identifier et valider des étapes majeures de la signalisation éthylénique et des gènes correspondants

#### **Le dégrain**

##### Objectifs et attendus :

- Examiner les modifications des composantes majeures des parois par des analyses biochimique et microscopique qu'ont laissé entrevoir les premières études moléculaires.
- Identifier d'autres voies métaboliques associées au dégrain : les premières études ont mis en évidence l'implication des hydrolases pariétales dans le processus du dégrain avec une identification de candidats potentiels. Mais le dégrain est un phénomène complexe impliquant des cascades de voies métaboliques allant au-delà de l'action des hydrolases pariétales et qu'il conviendrait d'identifier.  
L'approche d'isolement « globale » et sans à priori des gènes par des nouvelles technologies de séquençage sera mise en œuvre sur un nombre limité de variétés contrastées (attendue de l'action 1). La relation entre ces gènes et le dégrain devant aboutir à l'identification des gènes candidats, sera par la suite précisée par des analyses globales du transcriptome couplées aux études d'expression génique par qPCR. Enfin la variabilité structurelle des séquences des différents transcriptomes sera examinée, des marqueurs moléculaires de types SSR ou SNPs identifiés et validés par des études de génétique poussées (QTL/tests d'association) sur la descendance 2X x 2X.
- Préciser l'impact de la balance hormonale (éthylène/auxine) dans l'expression du dégrain du dégrain.  
L'éthylène produit ainsi que la teneur en auxine sera spécifiquement mesurée dans les zones dégrain et médiane de la peau. Dans un second temps l'évolution de leur ratio sera examinée au cours de la maturation post-récolte des différentes variétés.

#### **Le métabolisme du sucre**

##### Objectifs et attendus :

L'étude du métabolisme du saccharose en liaison avec la qualité organoleptique a permis d'identifier l'étape de dégradation par les invertases acides comme étant une étape clé. Cependant, aucun gène candidat n'a pu être validé comme candidat malgré l'identification *MaCIN1* potentiellement intéressant et codant une invertase acide pariétale. Par ailleurs, la disponibilité de la séquence du génome du bananier a permis d'identifier 6 gènes supplémentaires d'invertase acide pariétale et 3 gènes d'invertase acide vacuolaire. A partir de la collection de travail et de la descendance 2x x 2x, seront recherchés parmi ce pool de gènes, les candidats vrais qui co-localiseront avec des QTL et dont l'expression examinée sur des variétés dessert contrastées sera corrélée à la teneur en saccharose du fruit

## Le métabolisme de la dopamine

### Objectifs et attendus :

La dopamine est un composé phénolique aux propriétés biologiques reconnues. Elle est fortement présente dans la banane et l'évolution de sa teneur au cours de la maturation du fruit présente un profil contrasté dans les tissus de peau et de pulpe (Kanazawa et Sakakibara, 2000 ; Bonnet-Bruno 2012). De plus, son implication dans les mécanismes de défense contre la pourriture de couronne (une des maladies post récolte majeures de la banane), a récemment été évoquée (Lassois et al., 2011). Ce projet focalisera sur les voies métaboliques pour l'instant méconnues et régulant la teneur en dopamine chez la banane. Celles-ci seront étudiées comparativement dans les tissus de peau et de pulpe. Le rôle de l'éthylène dans leur régulation sera également abordé.

## 4. INDICATEURS QUALITATIFS ET QUANTITATIFS

**Indicateurs de réalisation et de résultats affectés à l'opération: (à compléter IMPÉRATIVEMENT à l'instruction du dossier pour la rubrique "objectif prévue; à la fin de l'opération pour la rubrique "réalisation")**

### Publications écrites

#### Article dans une revue à comité de lecture avec ou sans facteur d'impact (19)

1. Zozio S., Servent A., Hubert O., Hiol A., Pallet D., Mbéguié-A-Mbéguié D. Physicochemical and biochemical characterization of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk) fruits ripening from two accessions grown in Guadeloupe (en préparation)
2. Hubert O., Piral G., Galas C., Baurens F.-C., Mbéguié-A-Mbéguié D. Changes in ethylene signaling and MADS box genes expression are associated with banana finger drop. Plant Sci. (soumis).
3. Jourda C., Cardi C., Mbéguié-A-Mbéguié D., Bocs S., Garsmeur O., D'Hont A., Yahiaoui N. Expansion of banana gene families involved in ethylene biosynthesis and signaling after lineage-specific whole genome duplications. New Phytol. (sous press).
4. Zozio S., Servent A., Casal G., Mbéguié-A-Mbéguié D., Ravion S., Pallet D., Hiol A. 2014. Changes in antioxidant activity during the ripening of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Food Chemistry 150:448-456.
5. Bugaud C., Cazevielle P., Daribo M.-O., Telle N., Julianus P., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2013. Rheological and chemical predictors of texture and taste in dessert banana (*Musa* spp.). Postharvest Biol Techn. 84: 1-8.
6. Etienne A., Génard M., Lobit P., Mbéguié-A-Mbéguié D., Bugaud C. 2013. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cell J. Exp. Bot. 64(6): 1451-1469.
7. Bruno-Bonnet C., Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D., Pallet D., Hiol A., Reynes M., Pourcheret P., 2012. Effect of the physiological harvest stages on composition of bioactive compounds from FWI Cavendish bananas. Journal of Zhejiang University-SCIENCE B 14(4):270-278.
8. D'Hont A., Denoeud F., Aury J.-A., Baurens F.-C., Carreel F., Garsmeur O., Noel B., Bocs S., Droc G., Rouard M., Da Silva C., Jabbari K., Cardi C., Poulain J., Souquet M., Labadie K., Jourda C., Lengellé J., Rodier-Goud M., Alberti A., Bernard M., Correa M., Ayyampalayam S., Mckain M.R., Leebens-Mack J., Burgess D., Freeling M., Mbéguié-A-Mbéguié D., Chabannes M., Wicker T., Panaud O., Barbosa J., Hribova E., Heslop-Harrison P., Habas R., Rivalan R., Francois P., Poirion C., Kilian A., Burthia D., Jenny C., Bakry F., Brown S., Guignon V., Kema G., Dita M., Waalwijk C., Joseph S., Dievart A., Jaillon O., Leclercq J., Argout X., Lyons E., Almeida A., Jeridi M., Dolezel J., Roux N., Risterucci A.-M., Weissenbach J., Ruiz M., Glaszmann J.-C., Quétier F., Yahiaoui N., Wincker P. 2012. The banana (*Musa acuminata*) genome and the evolution of monocotyledonous plants. Nature 488(7410):213-217.
9. Fils-Lycaon B., Julianus P., Chillet M., Galas C., Hubert O., Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Acid invertase as a serious candidate to control the balance sucrose versus (glucose + fructose) of banana fruit during ripening. Scientia Hort. 129: 197-206.
10. Bugaud C., Deverge E., Marie-Odette Daribo M.-O., Ribeyre F., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2011. Sensory characterisation enabled the first classification of dessert bananas. J Sci Food Agric 91: 992-1000.
11. Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D., Fils-Lycaon B. 2010. Advances on polyphenols and their metabolism in sub-tropical and tropical fruits. Trends in Food Science & Technology, 21 (12): 599-606.
12. Baurens F.C., Sidibé-Bocs S., Rouard M., Matsumoto T., Miller RNG, Rodier-Goud M., Mbéguié-A-Mbéguié D. and Yahiaoui N. 2009. Mechanisms of haplotype divergence at the RGA08 nucleotide-binding leucine-rich repeat gene locus in wild banana (*Musa balbisiana*). BMC Plant Biology, 10, 149.
13. Hippolyte H., Bakry F., Seguin M., Gardes L., Rivalan R., Risterucci A.-M., Jenny C., Perrier X., Carreel F., Argout X., Piffanelli P., Imtiaz A Khan I. A., Robert NG Miller R. N. G., Pappas G. J., Mbéguié-A-Mbéguié D., Matsumoto T., De Bernardinis V., Huttner E., Kilian A., Baurens F.-C., D'Hont A., Cote F. X., Courtois B., Glaszmann J.-C. 2009. A saturated SSR/DArT linkage map of *Musa acuminata* addressing genome rearrangements among bananas. BMC Plant Biology. 10:65
14. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Sidibé-Bocs S., Matsumoto T., Chillet M., Fils-Lycaon B. (2009). Expression patterns of cell wall modifying genes from banana during ripening in relationship with finger drop. Journal of Experimental Botany 60 (7): 2021-2034.
15. Mbéguié-A-Mbéguié D., Fils-Lycaon B., Chillet M., Hubert O., Galas C., Gimez R.-M. 2008. Extraction and purification of total RNA from banana tissues (small scale). Fruits 63:179-181.

16. Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D., Chillet M., Julianus P., Galas C., Gomez R.-M., Hubert O. 2008. Biochemical characterization of pulp of banana fruit: measurement of soluble sugars, organic acids, free ACC and in vitro ACC oxidase. *Fruits* 63: 187-191.
17. Chillet M., de Lapeyre de Bellaire L., Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2008. Measurement of banana green life. *Fruits* 63(2) : 125-127.
18. Chillet M., de Lapeyre de Bellaire L., Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2008. Mechanical characterization of banana fruits. *Fruits* 63 : 51-52.
19. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Fils-Lycaon B., Chillet M., Baurens F.-C. 2008. EIN3-like gene expression during fruit ripening of Cavendish banana (*Musa acuminata* cv. Grande naine). *Physiologia Plantarum* 133: 435-448.

#### Articles dans revue à comité de lecture international/national et sans facteur d'impact (4)

1. Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D., Fils-Lycaon B. Antioxidant activity of tropical fruits as related to their polyphenol, vitamin C and carotenoid contents : a review. *Acta Hort.* (accepté sous réserve de révisions mineures).
2. Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2012. Expression patterns of ethylene biosynthesis genes from bananas during fruit ripening and in relationship with finger drop. *AoB PLANTS* 2012: pls041; doi:10.1093/aobpla/pls041
3. Bugaud C., Daribo M.O., Deverge E., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2012. Chemical predictors of sweetness and sourness in banana. *Acta hort.* (ISHS) 928:211-215. [http://www.actahort.org/books/928/928\\_26.htm](http://www.actahort.org/books/928/928_26.htm)
4. Hubert, O., Chillet, M., Juliannus, P., Fils-Lycaon, B. and Mbéguié-A-Mbéguié, D. 2010. Effect of mode of ripening on ethylene biosynthesis during ripening of diploid banana (*Musa* SPP) fruit. *Acta Hort.* (ISHS) 879:385-392. [http://www.actahort.org/books/879/879\\_41.htm](http://www.actahort.org/books/879/879_41.htm)

#### Ouvrage ou chapitre d'ouvrage (3)

1. Hubert O., Chillet M., Juliannus P., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2008. Effect of mode of ripening on ethylene biosynthesis during ripening of diploid banana fruit. In : T. Dubois; S. Hauser; C. Staver; D. Coyne (eds). *Proceeding of the International conference on Banana and Plantain in Africa: Harnessing International Partnerships to Increase research Impact*, Leuven, pp385-392. ISBN 0567-7572.
2. Abadie C., Hubert O., Ngando Essoh J., Ngoh G., Mbéguié-A-Mbéguié D., de Lapeyre de Bellaire L., Chillet M. 2008. Evidence of the effects of *Mycosphaerella* leaf spot diseases on fruit quality. In : J.S. Borja ; C. Nogales ; C. Orrantia ; R. Paladines ; V. Quimi and L. Tazan (eds.). *Memories of XVIII ACORBAT meeting, 10-14 November 2008, Guayaquil, Ecuador*. s.l. : s.n., [8] p.. International Meeting ACORBAT 2008. 18, 2008-11-10/2008-11-14, Guayaquil, Equateur.
3. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Chillet M., Fils-Lycaon B. 2007. Cloning and differential expression of banana genes coding for EIN3-like proteins involved in ethylene action. In: A. Ramina, C. Chang, J. Giovannoni, H. Klee, P. Perata and E. Voltering (eds), *Advances in Plant Ethylene Research: proceedings of the 7<sup>th</sup> international Symposium on the Plant Hormone Ethylene*, Springer, pp27-30. ISBN 978-1-4020-6013-7.

#### Communication dans congrès, colloques avec comité de lecture international (13)

1. Jourda C., Mbéguié-A-Mbéguié D., Dasilva C., Labadie K., Cardi C., D'Hont A., Yahiaoui N. **2013. Evolution of gene families involved in** banana fruit development and ripening : W077. In : *Plant and Animal Genome XXI conference, San Diego, USA, January 12-16 2013*. s.l. : s.n., résumé, 1 p. Plant and Animal Genome conference. 21, 2013-01-12/2013-01-16, San Diego, Etats-Unis. <https://pag.confex.com/pag/xxi/webprogram/Paper6136.html>
2. Bugaud C., Mbéguié-A-Mbéguié D., Cazevielle P., Etienne A., 2012. Modelling pH and titratable acidity in banana fruit based on acid and mineral composition. 7<sup>th</sup> International Postharvest Symposium 2012, Kuala Lumpur, Malaisie, 25 au 29 juin.
3. Hubert O., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2012. Expression patterns of ethylene biosynthesis genes from banana during fruit ripening and in relationship with finger drop. Poster. The 9<sup>th</sup> International Symposium on the Plant Hormone Ethylene. Rotorua convention Centre, Rotorua, March 19-23, New Zealand.
4. Bugaud C., Deverge E., Daribo M.O., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D., 2010. Predicting sweet and sour taste in banana using physicochemical indicators. 28th Int. Hort. Congress, 22-27 August, Lisboa.
5. Rinaldo D., Mbéguié-A-Mbéguié D., Fils-Lycaon B. 2009. Antioxidant activity of sub-tropical and tropical fruits as related to their polyphenol, vitamin C and carotenoid contents: a review. **Lecture**. The 3<sup>rd</sup> International Symposium on Human Health Effects of fruits and Vegetables. Avignon, October 18-21, France.
6. Baurens F.-C., Sidibé-Bocs S., Rouard M., Matsumoto T., Miller RNG, Rodier-Goud M., Mbéguié-A-Mbéguié D. and Yahiaoui N. 2009. Mechanisms of haplotype divergence at the RGA08 NBS-LRR locus in wild banana (*Musa Balbisiana*). **Lecture**. The 8<sup>th</sup> Plant genomics European Meetings. Lisbon, October 07-10, Portugal.
7. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Sabau X., Sidibé-Bocs S. Chillet M., Fils-Lycaon B. 2009. MOLECULAR PHYSIOLOGY STUDIES OF BANANA FRUIT RIPENING: Identification of candidate genes for improvement of fruit quality traits throughout breeding. **Lecture**. The 1st Postharvest and Quality management of Hortical products of Interest for tropical regions. San José 20-24 July, Costa Rica
8. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Fils-Lycaon B., Chillet M., Baurens F.-C. 2009. Transcriptional regulation of Banana EIN3-like genes: correlation with ethylene fruit responsiveness and ripening processes. **Poster**. The 8<sup>th</sup> International Symposium on the Plant Hormone Ethylene. Cornell University, Ithaca, New York, June 21-25, USA.
9. Mbéguié-A-Mbéguié D., Hubert O., Baurens F.C., Matsumoto T., Chillet M., Fils-Lycaon B., Sidibé-Bocs S. 2009. Cell Wall Modifying Gene expression during banana fruit ripening and in relationship with finger drop. **Poster**. The 6<sup>th</sup> International Postharvest Symposium. Antalya, April 8-12, Turkey.



10. Fils-Lycaon B., Beuve G., Julianus P., Hubert O., Galas C., Chillet M., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2008. Metabolism of soluble sugars in 4 varieties of banana, and activity of associated enzymes. **Poster.** International Conference on Banana and Plantains in Africa: harnessing International partnership to increase research impact. Mombassa, October 5-9, Kenya.
11. Julianus P., Hubert O., Chillet M., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D., 2008. Evidence of acidic Invertase as control step of sucrose level during ripening of two diploid banana fruit. **Poster.** International Conference on Banana and plantains in Africa: harnessing International partnership to increase research impact. Mombassa, October 5-9, Kenya.
12. Hubert O., Chillet M., Julianus P., Fils-Lycaon B., Mbéguié-A-Mbéguié D. 2008. Effect of mode of ripening on ethylene biosynthesis during ripening of diploid banana fruit. **Lecture.** International Conference on Banana and Plantains in Africa: harnessing International partnership to increase research impact. Mombassa, October 5-9, Kenya.
13. Mbéguié-A-Mbéguié D., 2008. Molecular physiology of banana fruit ripening: Improvement of fruit quality traits. **Lecture.** VIII Symposium of Plant biotechnology. Villa Clara, April 23-25, Cuba.

### INTRODUCTION

- Banana finger drop is a dislodgement of individual fruits from the hand at the pedicel rupture area.
- For some banana varieties, it is one of the main ripening-associated features together with ethylene production and starch degradation.
- The few studies devoted to the physiological and molecular basis associated with this process shown, i) a similarity with softening, ii) an early occurrence of related molecular event, between the 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> day after ripening induction, iii) a putative involvement of ethylene as regulator factor.

**MATERIAL AND METHODS**

- Studies were performed on peel of Cavendish banana fruit ripen in air at 20°C after acetylene treatment (100ppm/18 h/20°C).
- Four EB (ethylene biosynthesis) genes encoding for ACC synthase (*MaeCS1-4*) and ACC oxidase (*MaeCO1-2*) the key enzymes of EB pathway were tested.
- Specific primers of EB genes used in this study were designed from sequences published in the literature (Liu et al., 1999; Inaba et al., 2009).
- EB gene expression was performed throughout real-time quantitative PCR comparatively at CZ and DZ (Fig. 1) as described Mbegaoui et al. (2009).

**Acknowledgments**  
This research was supported by the National Institutes of Health (NIH) Grant NS04602 to J.S. We thank Dr. David Ginty for providing us with the *Meis1* and *Meis2* probes. We also thank Dr. David Ginty for his comments on this manuscript. Manuscript preparation was supported by the National Institutes of Health (NIH) Grant NS04602 to J.S.

**References**  
Luo X, et al. (1995) *Proc Natl Acad Sci USA* 92:1281–1286.  
Luo X, et al. (1996) *Development* 121:209–218.  
Luo X, et al. (1997) *Development* 123:2123–2132.  
Luo X, et al. (1998) *Development* 123:2123–2132.  
Luo X, et al. (1999) *Development* 126:1847–1857.  
Miyazawa A, Ishiguro A, et al. (1999) *Dev Biol* 214:107–117.

**CONCLUSIONS**  
• Physiological and molecular mechanisms underlying finger development involved epithelial morphogenesis, cell fate determination, developmental and repeating-sound gene (*Meis1/2*), specific repeating-sound gene (*Meis1/2*) and wound-healed gene (*Meis1/2*).  
• Repeating epithelial together with other developmental cues regulate the upstream steps of limb morphogenesis, which is thus the result of a cross-talk between developmental, repeating and wound regulatory pathways.  
• *Meis1*, *Meis2*, *Meis1/2* and to lesser extent *Meis3* genes, that are highly induced in DZ than in CZ, can be considered as putative candidates of finger development.

---

## 6 |

**P. Julianus<sup>1</sup>, O. Huber<sup>2</sup>, M. Chillet<sup>3</sup>, B. Fils-Lycaon<sup>3</sup>, D. Mbéguié-A-Mbéguié<sup>4\*</sup>**  
<sup>1</sup>NOVARAUR 1270 QUALTROP, Université de Caen, 87170 Pithiviers, Guadeloupe, French West Indies  
<sup>2</sup>NOVARAUR 05 QUALTROP, Capotenère drive-Est, Guadeloupe, 97133-France  
<sup>3</sup>NOVARAUR 04 QUALTROP, Université de São Paulo, Av. Prof. Paulo Pereira, 550, Bloco 14, 05505-000, São Paulo, Brazil  
<sup>4</sup>NOVARAUR 04 QUALTROP, Station de Neaumbourg, 87130 Capotenère Belle-Est, Guadeloupe, French West Indies

\* Corresponding author: jckier.mbeגיעe-a-mbeגיעe@univ.fr

[illegible]

**DISCUSSION AND CONCLUSIONS**

The pattern of MeCPG, MafK, MafK1 mRNA accumulation, during fat development and ripening, was similar in both rodents and humans.

At equivalent stages, MafK-AV mRNA level was increased approximately 100-fold more in Olanexin than in DHT10, suggesting that the two studies used different and conceptually different levels. No significant changes were observed for insulin resistance and fatty acids during late ripening stage (data not shown).

Expression of MafK1 CTR contributes to the high level of acidic lipids measured during ripening. It appears as if the MafK1 CTR contributes to the high level of fatty acids during the late ripening stage.

MafK CTR can be considered as a major and candidate gene for identification of functional marker in the prospect of improvement of human fat quality traits through breeding program.

**PERSPECTIVES**

Expression throughout genes similar and characterization of impact of oral cell and similar animal interest genes on acidic lipids.

Study on large datasets of cooking and dessert between scenarios, to identify the candidate genes and functional marker AV genes - expression - AV activity - success rate, in order to identify the candidate genes and functional marker.

Time (min)	MafK1 CTR (fold increase)	MafK CTR (fold increase)
0	1	1
10	1	1
20	1	1
30	2	1
40	10	1
50	50	1
60	100	1
70	200	1
80	500	1
90	800	1
100	1000	1
110	1000	1
120	1000	1

**Results:**  
**Sugar accumulation:** Figure 1 shows the accumulation of

Figure 3: SPS activity. A bar chart showing SPS activity (mg glucose / 100 mg FW / h) for three varieties (IDN 110, Kirin, and Sunkay) across stages I to XII. The y-axis ranges from 0 to 20. IDN 110 (black bars) shows the highest activity, peaking at stage III (~18). Kirin (grey bars) and Sunkay (white bars) show lower activities, generally below 10.

**Conclusions**

SPS activity increased at the beginning or during ripening of all varieties, concomitantly to total soluble sugar (sucrose + glucose + fructose) accumulation. This confirms the likely role of this enzyme in the synthesis of sucrose during ripening but was failed to find correlations between the level of activity of the different varieties and their amount of sucrose or total soluble sugars. Interestingly, Galicé and Soemba varieties were found almost sucrose-free (although this is not the case for other cooking varieties (data not shown)) and presented an AIV activity 6.4-fold higher than that of the other varieties, which makes this activity as probably one of main determinants of the sugar composition of banana by correlating the ratio sucrose + glucose + fructose.

**Marqueurs moléculaires dérivés des ressources génomiques obtenues**

Locus/primer	ID library	Blast	SSR	FORWARD PRIMER1 (5'-3')	Tm(°C)	REVERSE PRIMER1 (5'-3')	Tm(°C)	PRODUCT size (bp)
mMECIR0491	pCav6	hypothetical protein [Oryza sativa (japonica cu.	(AT)6	TTCCTGCTGCCATTACAC	56	CTTACAGGGTGCCAACAA	55	230
mMECIR0492	pCav13_cDNA_complet	UDP-glucose:protein transglucosylase-like protein	(TCT)5nnn(GA)8	TGGATCTGCTTTTGTGTG	55	TCGTTTCGGTTGTAGAGC	55	250
mMECIR0493	pCav21	At2g01275 [Arabidopsis thaliana]	(AAG)5	GGAGGTCAGAAGCACGA	56	TTCAAGCTGCCACAACA	56	188
mMECIR0494	pCav22	calmodulin-like protein [Musa acuminata]	(TG)6c(GT)12	CATGATACGGGCTTACGA	56	TCAATTACCAGCATCCTTACTT	56	266
mMECIR0499	SSH didier cl14	class III acidic chitinase [Musa acuminata]	(AG)8	GCTTGCCCTTGTGTG	56	CCAGTAGACGCCAATGC	56	172
mMECIR0500	SSH didier cl3	Mettalothionein like	(AG)9	CAGCAGACGCACACAA	56	GCAACTGCAAATGAGGG	56	250
	pCav121	MaEIL6-1	( ag ) 10	GCATGGCATATCCCAGACTT		GAAATGAAATCACTGCTGCAA		197
		MaEIL6-2	( ta ) 10	AGCCACAGATATCGGAGCAA		TCCGTTTTCGTTGTGCTTG		200
	pCav	MaERS2 (Genomic)	( tg ) 5	AGGATGGAAGCCTTGAGCTA		GACAGCTGCAATTGGCTTTA		198
	pCav63	MaXTH7-1	( ag ) 10	GTGCAGAGGAACTACATGGT		TCAGCAGCTACATAAGAAGA		165
	pCav66	MaXTH7b-1	( ga ) 9	GAACCAGGAGCTGGACTT		TCAGCAGCTACATAAGAAGA		198
		MaXTH7b-2	( tc ) 5	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav67	MaXTH7c-1	( ga ) 6	GAACCAGGAGCTGGACTT		TCAGCAGCTACATAAGAAGA		198
	pCav65	MaXET9-1	(tc)5	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav79	MaXTH10	( ag ) 10	GTGCAGAGGAACTACATGGT		TCAGCAGCTACATAAGAAGA		165
	pCav105	MaXTH11 (5'UTR)	( agaa ) 4	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav107	MaXTH13 (5'UTR)	( agaa ) 4	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav108	MaXTH14 (5'UTR)	( agaa ) 4	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav71	MaPME2	( ta ) 14	CAGCTATGAAGAAATCTCTGTAATTC		TTGTCCCAAGGGATGAAAAA		375
			( ct ) 5	CTGTTTGCACCGCTAACGTA		CCCGAGGTCAGATGATGAAG		192
			( ct ) 8	CCCTAACGGCACTCTATTTCC		CGAGACAAGAAAAGCCAAGG		210
			( ct ) 8	CTCGGCAAAAGCTGATTCAC		TCAAACCACTGCAAACTA		204
			( ctt ) 6	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav72	MaPME3	( tcc ) 5	CCATTTCCTTGGGAAGGAGT		TCGGATGAAGCTGGATTACC		198
			( ttcc ) 5	Primer not found		Primer not found		No product
			( ttcc ) 4	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav74	BSD domain-containing protein	( at ) 5	Primer not found		Primer not found		No product
	pCav104	MaCWI Prom 2	( aat ) 5	Primer not found		Primer not found		No product
			( aat ) 5	GCCGTATATATCGAGGATTGG		GAGGAAGAGGGCACTGTTGA		195
		MaCIN1.1	( ctc ) 7	GGAAGTGGATCAACGGTACG		CACTCGATTACGTGGGGAAG		199
			( atg ) 8	Primer not found		Primer not found		No product

MaCIN2	( ta ) 10	ATGGGAGATGAAAGCACGAG	GTTGCTTTGGACCACGATG	198
	( ac ) 7	ATGGGAGATGAAAGCACGAG	GTTGCTTTGGACCACGATG	198
MaCIN3				
MaCIN4	( ta ) 5	TTGCCAGTGTTTCATGCAAAT	AGAAGGTCCCAAGGGGTTTA	200
	( ta ) 5	ACTTTTGCCGGCTTCGTT	GGCTCCAAAACCTCCACAA	213
	( caaa ) 3	Primer not found	Primer not found	No product
MaCIN6	( ct ) 15	AAAACCTGGCAAATGAGCAG	GAGTGAGCCCAATGGATGTT	201
	( ctca ) 3	AAAACCTGGCAAATGAGCAG	GAGTGAGCCCAATGGATGTT	201
	( tc ) 7	Primer not found	Primer not found	No product
	( ct ) 14	GTCGTCTCCTCCATGATGCT	CGGGGAACGTACGTAGTTAGT	200
MaCIN7	( ac ) 11	GTCGTCTCCTCCATGATGCT	CGGGGAACGTACGTAGTTAGT	200
	( ct ) 12	CTACGTACGTTCCCGTACC	AGTGTGCCACACGATGTT	208
	( ac ) 9	CTACGTACGTTCCCGTACC	AGTGTGCCACACGATGTT	208
	( ct ) 5	TGCTTCGTTGTCGACAGTA	AAGCAACCGTGAGAGCAAAT	219
MaVIN1	( ccg ) 6	TCGCAAGTTTTCGCATATCT	GATGGTCAGGGTGAGAAGA	208
	( ctt ) 5	GTCCTACCCCTGGACCAACT	TCACAACGAGTAGCCCATGA	201
	( ga ) 10	TTAGCCCGCATTGTTAGAGG	GCGAGGTGGCAGAACATTAT	189
MaVIN2	( ga ) 5	TCAGGCGAAATGAAAGATCC	TGTTTCCCACTTGTCTTCA	194
	( gt ) 10	CCACGTCGGTTAAGATCTGG	TTCCCGCAACAGCAAATTAT	206
	( ct ) 5	TGTTCTTCGTTTCCTCCTG	GCTGCAAGCACTTCTCCTC	182
	( cttccc ) 3	ACGCCTCCAAGACGTTCTAC	GGAACAGGACCTTCAATGCT	231
MaVIN3	( ct ) 8	GGACCAAGAAATGCTCCAA	TTTGGATCTGATGCATGGAA	202
	( ata ) 6	Primer not found	Primer not found	No product
	( aaaga ) 3	Primer not found	Primer not found	No product

- **Activités d'enseignement**

2 heures de cours à l'Université Antilles Guyane en 2010, 2011 et 2013 niveau MASTER

- **Activités d'encadrement**

Encadrement de doctorante

**2010-2012 : Suzie ZOZIO**

« Evaluation de la qualité nutritionnelle de la pomme-surette (*Ziziphus mauritiana* Lam.) en vue de sa valorisation ». Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

**2010-2012 : Christelle BONNET**

« Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans les activités anti-ulcères et cardiovasculaires ». Thèse Ecole doctorale Université Antilles Guyane/UMR QUALISUD

Encadrement d'étudiants de 2<sup>e</sup> cycle

**2013 : Monia SURINON (avril-juin)**

« Mise au point d'un modèle expérimental pour étudier le processus de maturation de la peau et de la pulpe de banane (*Musa* sp.) ». Rapport de DUT - IUT de KOUROU à Saint-Claude (Guadeloupe)

**2013 : Sandy N'DIANA JEAN-BAPTISTE (janvier-février)**

« Caractérisation physico-chimique de différentes variétés de banane Dessert ». Rapport de stage, 3<sup>ème</sup> année de Licence biologie biochimie, Parcours sciences des aliments - Université Antilles Guyane

**2012 : Emilie Louise BERNARD (janvier-juin)**

Dynamique et mise en place des mécanismes associés à l'élaboration de la banane : Etude du métabolisme des acides organiques

Master 2 : Université PARIS-DIDEROT - Sorbonne paris Cité - Institut des Sciences du végétal

**2008 : Gilbert PIRAL (janvier-juin)**

Effet de la date de récolte et des conditions de maturation sur l'évolution post-récolte de l'évolution des critères de qualité du fruit et étude des mécanismes associés

Diplôme d'ingénieur des techniques Agricoles, stage de fin d'étude, ENITA de Clermont-Ferrand. 30p

Ingénieur au CTCS (centre technique de la canne à sucre) - Guadeloupe

## Réalisations Pratiques

- **Mise en place d'une parcelle d'essai**

	Ploïdie	Type	Taille	IPF
FLHORBAN 925* <sup>§</sup>	AAA	Dessert		
FLHORBAN 938 <sup>§</sup>	AAA	Dessert		
Galéo**	AA	A cuire	3	216
Grande Naine	AAA	Dessert	2.1 à 2.9m	
IDN 110**	AA	Dessert	2.7	160
Kingala	AAB	dessert	2,70	311
Kirun	AA	Dessert	<=2m	240
Kunnan	AB	Dessert		
Manang	AA	Dessert		
Mjenga	AA	Dessert		
Ney Poovan	AB			
Paka**	AA	Dessert		
Pisang Lilin **	AA	Dessert	<= 2m	271
Pisang Berlin	AA	Dessert	1,90	320
Pisang Jari Buaya	AA	Dessert	<= 3 m	ND
Pisang Jaran**	AA	Dessert	3	348
Pisang Madu**	AA	Dessert		
Porp	AAB	Dessert		

**Table1** : Liste des variétés de la collection de travail

\*Utilisée comme barrière de protection

\*\* Variétés utilisées dans les croisements destinées aux études de génétique poussée et au programme d'amélioration variétal

<sup>§</sup> Hybride issu du programme d'amélioration végétale

IPF: Intervalle plantation-floraison

ND: non déterminé



Collection de travail

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925
1	925	P.Madu <b>G</b>	PL <b>G</b>	KR	PL <b>G</b>	KG	KR	P.Madu <b>G</b>	PJ <b>G</b>	PO	GL	P.Madu <b>G</b>	KN	CV	P.Madu <b>G</b>	ID <b>G</b>	937	937	P.Madu <b>G</b>	939	940	921	925
2	925	PL <b>G</b>	PO	GL	Mjenga <b>G</b>	ID <b>G</b>	KN	PL <b>G</b>	P.J.Buaya	GL	CV	GL	Paka <b>G</b>	KN	Paka <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	PJ <b>G</b>	ID <b>G</b>	PL <b>G</b>	P.J.Buaya	P.Madu <b>G</b>	921	925
3	925	ID <b>G</b>	Paka <b>G</b>	Manang <b>G</b>	ID <b>G</b>	938	P.J.Buaya	KR	KR	PJ <b>G</b>	Manang <b>G</b>	PO	937	Manang <b>G</b>	CV	PL <b>G</b>	KG	P.J.Buaya	Mjenga <b>G</b>	Paka <b>G</b>	PJ <b>G</b>	921	925
4	925	P.J.Buaya	PJ <b>G</b>	PL <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	Manang <b>G</b>	PO	938	GL	Manang <b>G</b>	ID <b>G</b>	PL <b>G</b>	PJ <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	KG	Paka <b>G</b>	Paka <b>G</b>	PJ <b>G</b>	KG	KG	PL <b>G</b>	921	925
5	925	PJ <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	P.J.Buaya	Manang <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	CV	KN	Manang <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	Paka <b>G</b>	937	Mjenga <b>G</b>	PJ <b>G</b>	GL	KR	PL <b>G</b>	KR	ID <b>G</b>	PO	PO	921	925
6	925	GL	KG	CV	CV	PL <b>G</b>	GL	Manang <b>G</b>	KG	ID <b>G</b>	PJ <b>G</b>	KN	Manang <b>G</b>	PO	Mjenga <b>G</b>	Manang <b>G</b>	KR	CV	938	Manang <b>G</b>	ID <b>G</b>	921	925
7	925	KN	ID <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	Paka <b>G</b>	KN	ID <b>G</b>	P.J.Buaya	KN	KN	KR	CV	KG	ID <b>G</b>	P.J.Buaya	PO	P.J.Buaya	PL <b>G</b>	KR	Mjenga <b>G</b>	Manang <b>G</b>	921	925
8	925	PO	CV	ID <b>G</b>	KR	GL	Mjenga <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	ID <b>G</b>	937	KN	KR	ID <b>G</b>	937	KR	PJ <b>G</b>	PO	Manang <b>G</b>	CV	ID <b>G</b>	GL	Ney Poovan	925
9	925	Manang <b>G</b>	KR	KN	KG	Paka <b>G</b>	Manang <b>G</b>	KG	PO	Paka <b>G</b>	PL <b>G</b>	ID <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	KG	PO	KN	Manang <b>G</b>	KG	P.J.Buaya	P.Madu <b>G</b>	KN	Ney Poovan	925
10	925	KR	GL	P.Madu <b>G</b>	938	P.J.Buaya	PL <b>G</b>	PO	P.Madu <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	Paka <b>G</b>	PL <b>G</b>	P.J.Buaya	PL <b>G</b>	937	KN	Mjenga <b>G</b>	Paka <b>G</b>	KR	P.J.Buaya	Ney Poovan	925
11	925	CV	P.J.Buaya	Paka <b>G</b>	PO	CV	KG	PJ <b>G</b>	938	KG	P.J.Buaya	P.J.Buaya	PO	PL <b>G</b>	Manang <b>G</b>	KG	P.Madu <b>G</b>	PO	PJ <b>G</b>	GL	CV	Ney Poovan	925
12	925	938	KN	938	P.J.Buaya	P.Madu <b>G</b>	PJ <b>G</b>	Paka <b>G</b>	PL <b>G</b>	PL <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	Manang <b>G</b>	KR	Mjenga <b>G</b>	PJ <b>G</b>	GL	ID <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	Manang <b>G</b>	PL <b>G</b>	KR	Ney Poovan	925
13	925	KG	938	PO	KN	PJ <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	ID <b>G</b>	CV	KR	PO	KG	CV	Paka <b>G</b>	KN	P.J.Buaya	CV	Paka <b>G</b>	PO	CV	Paka <b>G</b>	Ney Poovan	925
14	925	Paka <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	PJ <b>G</b>	GL	KR	Paka <b>G</b>	GL	Paka <b>G</b>	CV	937	PJ <b>G</b>	P.J.Buaya	GL	937	CV	Mjenga <b>G</b>	GL	KN	KN	KG	Ney Poovan	925
15	925	Mjenga <b>G</b>	Manang <b>G</b>	KG	PJ <b>G</b>	PO	938	CV	Mjenga <b>G</b>	P.J.Buaya	KG	Mjenga <b>G</b>	GL	KR	ID <b>G</b>	P.Madu <b>G</b>	GL	KN	GL	PJ <b>G</b>	Mjenga <b>G</b>	Ney Poovan	925
	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925	925

Table 2 : Plan de plantation de la collection de travail



- Mode opératoire récolte échantillonnage et caractérisation physico-chimique des fruits

Mercredi		Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche	Lundi	Mardi
Récolte au stade IFJ	Stades Physiologiques	HT	J1	J2	J3	J4	J5
	Induction de la maturation	1er Gazage à 15h (10 000ppm/18h/20°C)	Fin du 1er Gazage à 8h Ouverture des caissons				
	Actions	Mesure DVV	Mesure DVV			Mesure DVV	Mesure DVV
		C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )			C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )
		Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)			Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)
		Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)			Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)
		Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie			Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie
						2ème Gazage à 15h (10 000ppm/18h/20°C)	Fin du 1er Gazage à 8h Ouverture des caissons
						Ht	J1
						Mesure DVV	Mesure DVV
						C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )
						Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)
						Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)
						Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie

Mercredi	Jeudi	Vendredi
J6	J7	J8
Mesure DVV	Mesure DVV	Mesure DVV
C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )
Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)
Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)
Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie
J2	J3	J4
Mesure DVV	Mesure DVV	Mesure DVV
C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )	C2H4 / CO2 sur (10 fruits )
Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)	Couleur (3 fruits min.)
Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)	Fermeté (peau et pulpe)
Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie	Stabilisation du matériel dans de l'azote liquide (3 fruits min.) pour études de physiologie

**Nombre de fruit par régime (ou par main)**

1 fruit interne : DVV

1 fruit interne : C2H4 + couleur

3 fruits externes : Texture + Bioch (Brix + Acidité)

3 fruits externes : BM

3 fruits externes : Arômes BM

Total : 11 fruits/main



- **Rénovation d'un laboratoire de caractérisation physico-chimique**

Acquisition d'équipements destinés aux manipulations relatives au thème 1 :

- **Un lyophilisateur** et **un broyeur** utilisés pour la préparation d'échantillons,
- **Une soudeuse sous-vide, congélateurs -20°C et -80°C** destinés aux stockages longue durée d'échantillon frais et/ou séchés
- **un analyseur de texture, chromatographie gazeux et ses accessoires dont un générateur d'hydrogène** destinés aux mesures objectives des propriétés mécaniques et chimiques des produits végétaux

et au thème 2 :

- **Une ultracentrifugeuse réfrigérée au sol** dédiée à l'extraction des acides nucléiques
- **Un Nanodrop** destiné l'analyse qualitative et quantitative des acides nucléiques ()

**EQUIPEMENTS RELATIFS AU THEME 1**



Lyophilisateur



Broyeur



Soudeuse sous-vide



Analyseur de texture

**EQUIPEMENTS RELATIFS AU THEME 1 (suite)**



Congélateur -20°C



Congélateur -80°C



Générateur d'hydrogène



Analyseur de GAZ

**EQUIPEMENTS RELATIFS AU THEME 2**



Ultracentrifugeuse réfrigérée au sol



Nanodrop